

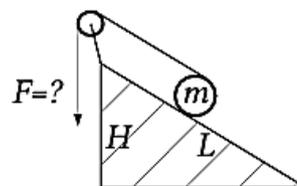
**КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ**

Максимальное количество баллов – 40 баллов.

Время выполнения заданий – 180 минут.

**Задача №1 (10 баллов)**

Нерастяжимый тросик намотан на однородный цилиндр и перекинут через невесомый блок, прикрепленный к наклонной плоскости (см. рисунок). Прикладывая постоянную силу  $F$  к свободному концу тросика, цилиндр переместили на некоторое расстояние вверх по наклонной плоскости. Определите силу  $F$ , с которой было выполнено это перемещение. Качение цилиндра по наклонной поверхности длиной  $L$  и высотой  $H$  происходит без проскальзывания. Трением пренебречь.



**Возможное решение:**

Пусть, свободный конец веревки сместили вниз на длину  $x$ , совершив работу

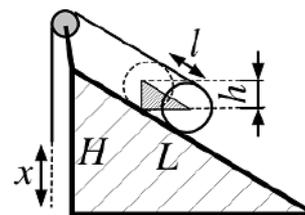
$$A = Fx. \quad (1)$$

Центр цилиндра при этом переместится на расстояние  $l$  вдоль наклонной плоскости и поднимется на некоторую высоту  $h$ . Из подобия заштрихованных треугольников на рисунке легко заключить, что

$$\frac{H}{L} = \frac{h}{l}.$$

Тогда

$$h = \frac{H}{L} l \quad (2)$$



Смещение  $x$  свободного конца веревки складывается из поступательного перемещения  $l$  цилиндра и удлинения веревки, за счет его вращения (когда цилиндр катился по клину, с него смотался кусок веревки длины  $l$ ). Таким образом,

$$x = 2l \quad (3)$$

Совершенная силой  $F$  работа должна равняться увеличению потенциальной энергии  $mgh$ , поэтому

$$\begin{cases} A = Fx, \\ A = mgh. \end{cases}$$

Тогда

$$Fx = mgh, \quad (4)$$

$$2Fl = mg \frac{H}{L} l$$

$$F = mg \frac{H}{2L} \quad (5)$$

**Ответ:** следует прикладывать силу  $F = mg \frac{H}{2L}$ .

**Критерии оценивания:**

1. Сделан рисунок, введены обозначения – 1 балл
2. Записано выражение для работы силы (1) – 1 балл
3. Получено соотношение для высоты клина  $H$  и высоты подъема цилиндра  $h$  (2) – 2 балла

4. Определено смещение  $x$  свободного конца веревки (3) – 2 балла
5. Записано равенство работы и изменения потенциальной энергии – 2 балла
6. Получено выражение для силы  $F$  (5) – 2 балла

**Задача №2 (10 баллов)**

Найти отношение минимальной силы  $F$ , необходимой для удержания в полностью погружённом в жидкость состоянии шарика массой 7 г, к силе Архимеда, действующей на него, когда он свободно плавает в этой жидкости, погружившись на треть своего объёма.

**Возможное решение:**

В случае свободного плавания условие равновесия шарика: (рис.1)

$$0 = \vec{F}_{A1} + m\vec{g} \rightarrow F_{A1} = mg$$

$$F_{A1} = 0,007 \cdot 10 = 0,07 \text{ Н} = 70 \text{ мН}$$

Условие равновесия шарика при удержании его под поверхностью жидкости (рис.2):

$$0 = \vec{F}_{A2} + m\vec{g} + \vec{F}$$

$$F = \rho g V - mg$$

Из первого условия равновесия следует:

$$F_{A1} = \frac{1}{3} \rho g V = mg$$

где  $\rho$  – плотность жидкости,  $V$  – объём шарика. Тогда

$$\rho g V = 3mg$$

$$F = \rho g V - mg = 3mg - mg = 2mg = 140 \text{ мН.}$$

$$\frac{F}{F_{A1}} = \frac{2mg}{mg} = 2.$$

**Ответ:** отношение сил равно 2.

**Критерии оценивания:**

1. Сделан рисунок для свободного плавания, указаны силы - 1 балл
2. Записано условие равновесия поплавок при свободном плавании – 2 балла
3. Найдена сила Архимеда при свободном плавании – 1 балл
4. Сделан рисунок для полного погружения, указаны силы - 1 балл
5. Записано условие равновесия поплавок для полного погружения – 2 балла
6. Найдена удерживающая сила – 2 балла
7. Найдено отношение сил – 1 балл

**Задача №3 (10 баллов)**

При изучении уравнения теплового баланса на уроке физики учащиеся проводили эксперимент. Для проведения эксперимента использовали калориметр, в который налили 300 г воды, при температуре 15°C. Затем в калориметр с водой поместили кусочек льда массой 300 г, при температуре –10°C. После установления теплового равновесия школьники измерили температуру смеси. Что показал термометр? Удельная теплоемкость воды 4200 Дж/кг°C, удельная теплоемкость льда 2100 Дж/кг°C, удельная теплота плавления льда 0,33 МДж/кг. В ходе проведения эксперимента, потери энергии не учитывать.

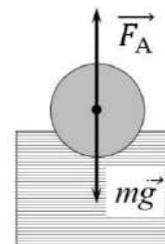


Рис.1.

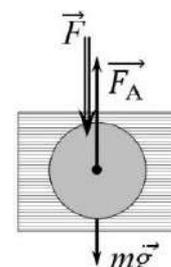


Рис.2.

**Возможное решение:**

Введем условные обозначения:

$t_1=15^\circ\text{C}$ , начальная температура воды

$t_2=0^\circ\text{C}$ , температура плавления льда

$t_3=-10^\circ\text{C}$ , начальная температура льда

$m_1$  - начальная масса воды

$m_2$  - начальная масса льда

Остывая от  $15^\circ\text{C}$  до  $0^\circ\text{C}$ , вода может отдать количество теплоты, равное

$$Q_1 = c_1 m_1 (t_2 - t_1) \quad (1)$$

$$Q_1 = 18900 \text{ Дж} = 18,9 \text{ кДж}$$

Для нагревания льда от  $-10^\circ\text{C}$  до  $0^\circ\text{C}$ , необходимо затратить количество теплоты, равное

$$Q_2 = c_2 m_2 (t_2 - t_3) \quad (2)$$

$$Q_2 = 6300 \text{ Дж} = 6,3 \text{ кДж}$$

Для того, чтобы весь лед расплавился, необходимо подвести к нему энергию, равную

$$Q_3 = \lambda m_2 \quad (3)$$

$$Q_3 = 99000 \text{ Дж} = 99 \text{ кДж}$$

Но после нагрева льда до  $0^\circ\text{C}$ , вода может отдать энергию, равную лишь

$$Q_1 - Q_2 = 12,6 \text{ кДж}. \quad (4)$$

Следовательно, лед расплавится не весь, так как для этого недостаточно энергии. (5)

Температура смеси после установления теплового равновесия будет равна  $0^\circ\text{C}$ .

**Ответ:**  $0^\circ\text{C}$ .

**Критерии оценивания:**

1. Записана формула (1) для количества теплоты, выделяемого при остывании воды от  $15^\circ\text{C}$  до  $0^\circ\text{C}$  – **1 балл**
2. Записана формула (2) для количества теплоты, затрачиваемого для нагревания льда от  $-10^\circ\text{C}$  до  $0^\circ\text{C}$  – **1 балл**
3. Записана формула (3) для количества теплоты, необходимого для того, чтобы весь лед расплавился – **2 балла**
4. Вычислена энергия, которую вода может отдать после нагрева льда до  $0^\circ\text{C}$  (4) – **2 балла**
5. Получено заключение, что лед расплавится не весь (5) – **2 балла**
6. Определена температура смеси после установления теплового равновесия – **2 балла**

**Задача №4 (10 баллов)**

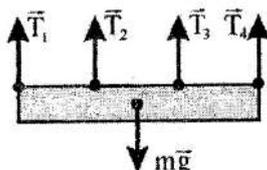
Взвешивание металлического бруска было проведено при помощи нескольких динамометров с предельно допустимой нагрузкой по 50 Н каждый. Общая масса бруска оказалась равной 17,5 кг.

- 1) Предложите и обоснуйте способ взвешивания бруска.
- 2) Определите наименьшее необходимое количество динамометров.

**Возможное решение:**

Сумма показаний динамометров равна весу бруска (его силе тяжести  $mg$ ). (1)

Возможный способ подвешивания бруска к четырем динамометрам изображен на рисунке. Динамометры прикреплены симметрично относительно центра масс бруска, чтобы суммарный момент сил, действующих на брусок, был равен нулю и брусок оставался в горизонтальном положении. В этом случае силы натяжения динамометров будут одинаковыми.



Поэтому минимальное число динамометров определяется неравенством:

$$50 \text{ Н} \cdot n \geq 17,5 \text{ кг} \cdot 9,8 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$$

$$n \geq \frac{17,5 \cdot 9,8}{50} \geq 3,43$$

$$n = 4$$

**Ответ:**  $n = 4$ .

**Критерии оценивания:**

1. Получено заключение, что сумма показаний динамометров равна весу бруска (1) – **2 балла**
2. Записано неравенство для определения минимального числа динамометров – **2 балла**
3. Определено минимальное число динамометров – **1 балла**
4. Предложен способ взвешивания бруска:
  - а. Сделан рисунок с обозначениями – **2 балла**
  - б. Приведено физическое обоснование предложенного способа – **3 балла**